Diseño Y Análisis De Costos De Maquina Compactadora De Residuos Sólidos Para La Alcaldía Local De La Localidad De Kennedy En Bogotá.

Autores

Nicolás Pulgarin Mora y Karen Daniela Hernández Díaz

Docente Director

Ricardo Enrique Porras

Adscrito al semillero de vehículos de tracción humana.

VTH

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

INGENIERIA EN MECÁNICA

BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

OCTUBRE DE 2023

Dedicatoria

Se dedica este trabajo a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de este proyecto académico. A los profesores y asesores, por su guía, conocimientos y sabios consejos que me permitieron alcanzar este logro. A nuestros amigos y seres queridos, por su apoyo moral y comprensión durante este arduo proceso. Agradecemos profundamente su invaluable contribución a esta investigación.

Agradecimientos

Karen Daniela Hernandez Diaz

Quiero expresar mi agradecimiento a mi familia y allegados, por su apoyo incondicional y paciencia, que fueron fundamentales para mí durante todo este proceso. Su aliento constante me inspiró a seguir adelante incluso en los momentos más desafiantes. En primer lugar, agradezco mi madre quien me apoyo incondicionalmente en mi proceso de estudio.

Agradecer a mis profesores y asesores por su orientación experta, su dedicación incansable y su valioso tiempo invertido en la revisión y mejora de este trabajo. También, agradezco a mi compañero de estudio por sus valiosas discusiones y contribuciones que enriquecieron este proyecto, a mis demás compañeros por el apoyo durante el proceso de la carrera.

Nicolas Pulgarin Mora

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi madre, Haydy Mora Ariza, quien con su amor, apoyo y confianza ha sido mi mayor motivación para seguir adelante con mis proyectos y sueños. También quiero agradecer a mis compañeros, quienes de alguna manera me brindaron su ayuda a través de su conocimiento y asesorías, dedicando parte de su tiempo para tomar buenas decisiones en mi carrera profesional. Por último, pero no menos importante, agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de crecer tanto profesional como personalmente en el ámbito de la empatía y la comprensión hacia los demás.

Resumen

La generación de residuos sólidos es un desafío crucial a nivel mundial, que representa una preocupación significativa, ya que tiene impactos negativos en el medio ambiente, la cantidad de residuos sólidos generados por la población y las industrias ha aumentado significativamente en las últimas décadas, lo que ha generado una creciente presión sobre los sistemas de gestión de residuos.

Los residuos sólidos que no son gestionados adecuadamente pueden contaminar el aire, el agua y el suelo, lo que tiene efectos negativos en la salud de las personas, la fauna y la flora.

El proyecto se enfoca en la creación de una solución práctica y económica para la gestión de residuos sólidos en esta área. Con base a la información suministrada por la entidad sobre el tipo y peso de los residuos, se realiza un análisis exhaustivo de las necesidades y se lleva a cabo un diseño detallado de una compactadora de residuos sólidos. Además, se realizó un estudio de costos para determinar la viabilidad financiera del proyecto. Los resultados del estudio indican que la implementación de la compactadora sería una solución eficiente y rentable para la gestión de residuos sólidos que se generan en la alcaldía local de Kennedy.

Tabla de Contenidos

1. Introducción 1

2. Planteamiento del problema 2

3. Objetivos 3

Objetivo general 3

Objetivos específicos 3

4. Justificación 4

5. Marco teórico y antecedentes 5

5.1 Marco teórico 5

5.1.1 Clasificación de residuos sólidos en Bogotá 5

5.1.2 Compactadoras de residuos sólidos: 6

5.2 Antecedentes 10

5.2.1. Diseño de una maquina compactadora de botellas de tereftalato de polietileno (pet), destinada a servir como herramienta de apoyo a recuperadores. 10

5.2.2 Diseño y construcción de prensa de moldeo para la fabricación de tableros aglomerados de aserrín de guadua y resina polimérica. 11

5.2.3. Diseño y fabricación de un compactador de residuos sólidos para la universidad nacional de Colombia sede Medellín. 12

5.2.4. Diseño de un sistema de compactación de papel y cartón para la empresa MAC anillados y acabados impresos SAS. 13

6. Metodología 15

7. Evaluación preliminar 15

7.1 Caracterización de requerimientos para la maquina compactadora de residuos sólidos..... 15

7.2 Caracterización condiciones de trabajo de la maquina compactadora de residuos sólidos. 17

8. Análisis de esfuerzos mediante una herramienta computacional 22

9. Impacto y resultados esperados 27

10. Costos 27

11. Ficha técnica. 28

12. Referencias bibliográficas 28

Lista de imágenes

Imagen 1 Resolución 2184 2019 colores bolsas. 6

Imagen 2 Compactadores de placa. 7

Imagen 3 Tornillo compactador sinfín 8

Imagen 4 Rodillo compactador. 8

Imagen 5 Compactadoras de prensa. 9

Imagen 6 Prensa manual. 11

Imagen 7 Compactador en semana tecnológica. 12

Imagen 8 Diseño conceptual de compactadora. 13

Imagen 9 Diseño conceptual de compactadora. 14

Imagen 10 Diseño preliminar de la maquina compactadora. 22

Imagen 11 Definición de cargas en la estructura 23

Imagen 12 Análisis de deformación Von Mises 24

Imagen 13 Desplazamiento de deformación en los ejes X Y y Z 25

Imagen 14 Determinación de factor de seguridad 26

Lista de tablas

Tabla 1. Línea base Residuos aprovechables 2022 16

Tabla 2. Caracterización de datos. 17

Tabla 3 Presión de compactación SI 18

Tabla 4. Datos calculados del cilindro. 20

Tabla 5. Calculo caudal de electrobomba. 21

Tabla 6. Costos de la maquina compactadora 27

Tabla 7. Ficha técnica maquina compactadora 28

1. Introducción

En la actualidad, la problemática de la generación y gestión de residuos sólidos se ha convertido en un desafío apremiante a nivel global. Este fenómeno no solo constituye una preocupación de índole ambiental, sino que también impacta significativamente en la calidad de vida de las comunidades y en la sostenibilidad de las zonas urbanas e industriales. El crecimiento constante de la población y la expansión de las actividades industriales han propiciado un aumento exponencial en la cantidad de residuos sólidos generados en las últimas décadas, ejerciendo una presión cada vez mayor sobre los sistemas de gestión de desechos.

La gestión inadecuada de estos residuos sólidos conlleva consecuencias negativas de gran alcance, ya que puede dar lugar a la contaminación del aire, el agua y el suelo. Esta contaminación tiene un impacto perjudicial tanto en la salud de las personas como en la biodiversidad de los ecosistemas. Ante este contexto, se hace imperativo abordar de manera efectiva y responsable el manejo de los residuos sólidos para minimizar sus efectos adversos en el medio ambiente y la sociedad.

El presente proyecto se centra en la búsqueda de una solución práctica y económicamente viable para la gestión de los residuos sólidos en un área específica. Mediante un análisis exhaustivo de las necesidades y un detallado diseño de una compactadora de residuos sólidos, basado en la información proporcionada por la entidad respecto al tipo y peso de los residuos, se pretende dar respuesta a este desafío. Además, se ha llevado a cabo un estudio de costos que permitirá determinar la viabilidad financiera del proyecto propuesto.

Los resultados de este estudio indican que la implementación de la compactadora de residuos sólidos sería una solución eficaz y rentable para gestionar los residuos sólidos que se generan en la alcaldía local de Kennedy. De esta manera, se busca contribuir a la preservación del medio ambiente y al bienestar de la comunidad, al tiempo que se promueve la eficiencia en la gestión de los recursos y la sostenibilidad de la región.

2. Planteamiento del problema

La generación de residuos sólidos en la alcaldía local de Kennedy es muy alta, esto se debe a que es una de las localidades con más habitantes de Bogotá, por ende, es una de las entidades con más funcionarios. A pesar de que se realizan actividades de recolección y disposición de residuos, se ha identificado que existe una necesidad de mejorar la eficiencia de la gestión de los residuos, con el fin de reducir los costos y minimizar el impacto ambiental.

A pesar que se cuenta con el debido procedimiento de separación de residuos sólidos, se encuentra la falta de una herramienta adecuada para la compactación de los mismos antes de su transporte. Esto hace que se requieran más viajes de recolección de residuos, lo que aumenta los costos y también tiene un impacto negativo en el medio ambiente debido al mayor consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes. Además, se observa que la falta de compactación de los residuos sólidos hace que se ocupe más espacio tanto en la entidad como al momento de transportarlos, la alcaldía local de Kennedy genera aproximadamente 120 kg de residuos sólidos mensual, esta información es suministrada por la entidad.

Por esta razón, la alcaldía local de Kennedy ha solicitado la colaboración de la Universidad Distrital para abordar esta problemática. Se busca encontrar la alternativa más

adecuada para compactar los residuos sólidos generados por la alcaldía local de Kennedy, a través de la siguiente pregunta:

¿Qué enfoque funcional se podría dar para el diseño y análisis de costos de una máquina compactadora de residuos sólidos que se adapte a las necesidades específicas de la Alcaldía Local de la Localidad de Kennedy en Bogotá, considerando aspectos técnicos, económicos y operativos, con el fin de mejorar la gestión de residuos en la entidad y mejorar la eficiencia en la recolección y transporte de los mismos?

3. Objetivos

Objetivo general

Diseñar y realizar análisis de costos de una maquina compactadora de residuos sólidos para la alcaldía local de Kennedy.

Objetivos específicos

1. Evaluar y caracterizar las condiciones de trabajo de la maquina compactadora con base en los datos suministrados por la alcaldía local de Kennedy.
2. Realizar análisis de esfuerzos mediante una herramienta computacional para seleccionar adecuadamente los componentes de la máquina.
3. Diseñar y crear planos de fabricación de la máquina.
4. Determinar los costos fabricación de la alternativa presentada.

4. Justificación

Kennedy es una localidad que se encuentra en el sur occidente de la ciudad de Bogotá, Colombia. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2018 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la población de Kennedy era de 1.103.860 habitantes, lo que la convierte en la localidad más poblada de Bogotá.

Es importante destacar que la población de Kennedy ha ido en aumento en los últimos años, en gran medida debido a la construcción de nuevos proyectos de vivienda en la zona y a la llegada de migrantes de otras regiones del país y del extranjero.

La alcaldía de una localidad es una entidad administrativa encargada de gestionar y coordinar los asuntos públicos en su jurisdicción territorial, en este caso. La localidad, la cantidad de personas que trabajan en la Alcaldía Local de Kennedy puede variar dependiendo de factores como el tamaño y complejidad de la localidad, por ende, los funcionarios en esta alcaldía suelen ser aproximadamente de 800 Personas, al ser una entidad con gran variedad de personas suele generar un volumen significativo de residuos sólidos.

Mediante el acercamiento que tuvo la alcaldía local de Kennedy y la universidad distrital, se busca por medio de este proyecto, mejorar la gestión de residuos sólidos en la entidad, a través del diseño y análisis de costos de una máquina compactadora de residuos sólidos para mitigar las problemáticas que ocasiona en la entidad.

5. Marco teórico y antecedentes

5.1 Marco teórico

5.1.1 Clasificación de residuos sólidos en Bogotá

Se realiza según la resolución 2184 de 2019 emitida por la Autoridad Ambiental Distrital (Secretaría Distrital de Ambiente -SDA) (ver imagen1). Esta resolución establece la siguiente clasificación:

- Residuos orgánicos: son los residuos de origen vegetal o animal que pueden descomponerse y convertirse en abono. Ejemplos de residuos orgánicos son los restos de frutas, verduras, hojas, ramas, hierbas, pasto, cáscaras de huevo, huesos, entre otros. Estos residuos son importantes para el medio ambiente, ya que, al ser procesados correctamente, pueden convertirse en abono orgánico que puede ser utilizado para fertilizar la tierra y así mejorar su calidad.
- Residuos aprovechables: son aquellos que pueden ser reutilizados, reciclados o recuperados para su uso nuevamente en la producción de bienes y servicios. Estos residuos incluyen materiales como papel, cartón, vidrio, plásticos, metales, textiles y otros materiales orgánicos. La gestión de residuos aprovechables es importante porque reduce la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y la necesidad de extraer nuevos recursos naturales para la producción de nuevos bienes.
- Residuos no aprovechables: son aquellos que pueden ser reutilizados, reciclados o recuperados para su uso nuevamente en la producción de bienes y servicios. Estos residuos incluyen materiales como papel, cartón, vidrio, plásticos, metales, textiles y otros

materiales orgánicos. La gestión de residuos aprovechables es importante porque reduce la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y la necesidad de extraer nuevos recursos naturales para la producción de nuevos bienes.

Imagen 1 Resolución 2184 2019 colores bolsas.



(Blog Departamento de derecho del medio ambiente Universidad Externado de Colombia, 2020)

La Resolución mencionada establece la obligatoriedad de la adopción de un código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente en todo el territorio nacional.

Esta medida busca promover la clasificación adecuada de los residuos y facilitar la recolección selectiva de los mismos.

5.1.2 Compactadoras de residuos sólidos:

Las compactadoras de residuos sólidos son dispositivos que se utilizan para reducir el volumen de los residuos antes de su transporte y disposición final. La compactación de residuos permite un mejor aprovechamiento del espacio en los contenedores y camiones de recolección, lo que reduce los costos de transporte y el impacto ambiental asociado.

Existen diferentes tipos de compactadoras de residuos sólidos, cada una con características y funciones específicas, que se adaptan a las necesidades de cada situación. Algunas de las más comunes son:

- Compactadores de placa: Son dispositivos manuales que consisten en una placa metálica que se utiliza para compactar los residuos en contenedores o bolsas. Esta tecnología es muy sencilla y económica, pero requiere de mano de obra y no es adecuada para grandes cantidades de residuos (ver imagen 2).

Imagen 2 Compactadores de placa.



(Industrial, s.f.)

- Compactadores de tornillo sin fin: Utilizan un tornillo sin fin para transportar y compactar los residuos en un contenedor (ver imagen 3). Son adecuados para residuos húmedos y tienen un bajo costo de operación, pero requieren de mantenimiento constante.

Imagen 3 Tornillo compactador sinfín



(IDM, s.f.)

- Compactadores de rodillo: Utilizan un rodillo metálico para compactar los residuos en un contenedor (ver imagen 4). Son adecuados para grandes cantidades de residuos y requieren de poca mano de obra, pero son costosos de operar y requieren de un mantenimiento constante.

Imagen 4 Rodillo compactador.



(Maquistore, s.f.)

- Compactadores de prensa: Utilizan una placa hidráulica para comprimir los residuos en un contenedor, como se puede observar en la imagen 5. Son adecuados para grandes cantidades de residuos y pueden manejar diferentes tipos de residuos, pero son costosos de operar y requieren de un mantenimiento constante.

Imagen 5 Compactadoras de prensa.



(LCC, s.f.)

En conclusión, la elección de la tecnología de compactación de residuos sólidos depende del tipo y cantidad de residuos, el costo de operación y mantenimiento, y la disponibilidad de mano de obra y recursos financieros. Es importante evaluar cuidadosamente cada opción antes de tomar una decisión.

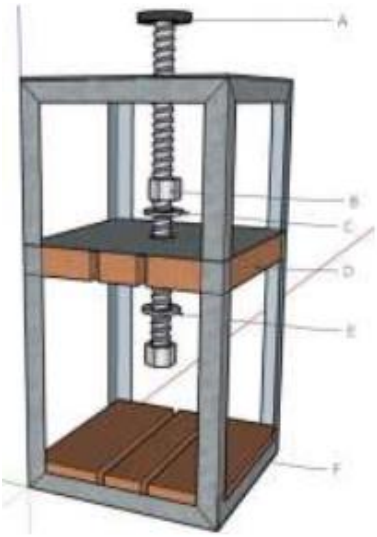
5.2 Antecedentes

5.2.1. Diseño de una maquina compactadora de botellas de tereftalato de polietileno (pet), destinada a servir como herramienta de apoyo a recuperadores.

El proyecto presentado por Cardona Rojas y Pérez Beltrán dan solución a una problemática muy común y es la de aprovechamiento de residuos sólidos en este caso las autoras se enfocan en un material en específico el cual es el tereftalato de polietileno PET en cual es muy usado en la cotidianidad para desarrollar dicha solución se comienza a realizar un estudio del sector para determinar las variables de entrada del diseño con respecto a la recolección y disposición de estos desechos, una vez determinaron los parámetros de entrada, se procede a realizar un estudio más detallado del diseño de la prensa con el fin de determinar las características principales de la maquina mediante una recopilación amplia de información de otros trabajos y de proveedores en este sector.

Ya definida las variables económicas y características requeridas para el diseño, las escritoras del proyecto, elaboran el diseño para la fabricación, mediante softwares informáticos incluyendo entre estos los modeladores CAD para la elaboración de dicho trabajo, con el fin de obtener el resultado esperado para dar así paso a la fabricación de la máquina de compactación de residuos PET y alcanzar el objetivo planteado por las autoras.

Imagen 6 Prensa manual.



(Cardona Rojas & Pérez Beltrán, 2021

5.2.2 Diseño y construcción de prensa de moldeo para la fabricación de tableros aglomerados de aserrín de guadua y resina polimérica.

El objetivo principal del proyecto escrito por Sarmiento Forero y Gil Rubio construir una máquina compactadora que permita optimizar el proceso de producción de tableros aglomerados. La necesidad de esta máquina surge, debido a que, el proceso no contaba con una prensa compactadora para llevar a cabo dicha actividad para solucionar la problemática, los creadores del proyecto proponen la realización del diseño y fabricación de una maquina compactadora la cual se basa en las especificaciones requeridas para la creación del ya mencionado producto, donde se especifica la presión necesaria para la compactación de estos materiales.

Para lograr el resultado esperado, los autores definen un modelo de la maquina en un software de diseño 3D. de igual modo establecen los materiales, el tipo de actuador y el diseño

estructural con el fin de determinar el diseño más viable para el trabajo. Una vez completado el proceso de diseño y selección de materiales, proceden con la construcción de la prensa, por último, para comprobar el funcionamiento correcto de la maquina realizan

una serie de pruebas para lograr compactar el material requerido en el proceso y así fabricar los tableros aglomerados con mayor efectividad, de esta forma, el proyecto cumple con el objetivo principal de construir una máquina que sea capaz de compactar material para optimizar el proceso de producción, dando así una solución a la problemática.

Imagen 7 Compactador en semana tecnológica.

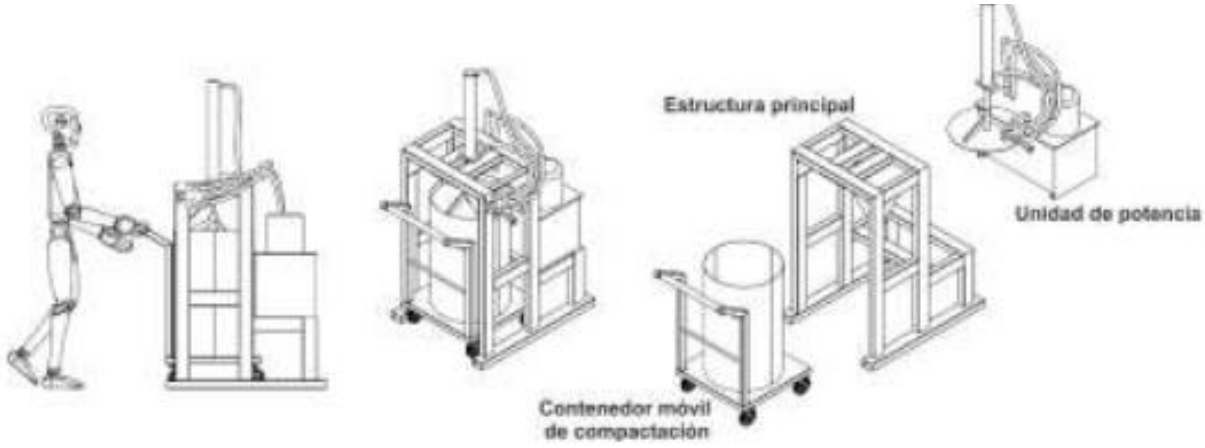


(Sarmiento Forero & Gil Rubio, 2016)

5.2.3. Diseño y fabricación de un compactador de residuos sólidos para la universidad nacional de Colombia sede Medellín.

En el artículo elaborado por estudiantes y profesores de la universidad nacional se elabora una solución a una problemática del desperdicio de residuos sólidos mediante el diseño y fabricación de una compactadora que reduce los costos de aseo y a su vez aprovecha el espacio generado al minimizar el volumen de los residuos. En primer lugar, se realiza una caracterización de la cantidad de desechos generados para definir el diseño de la maquina prototipo y lograr el objetivo principal de reducir el volumen de los residuos, satisfaciendo así la necesidad de la Universidad Nacional en la sede Medellín.

Imagen 8 Diseño conceptual de compactadora.



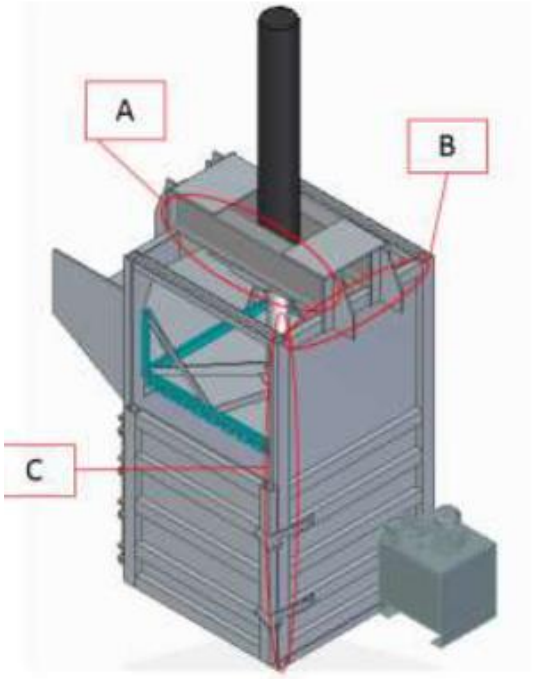
(Escobar Giraldo, Sepúlveda Ocampo, Velásquez Giraldo, Morales Morales, & Vanegas Molina, 2015)

5.2.4. Diseño de un sistema de compactación de papel y cartón para la empresa MAC anillados y acabados impresos SAS.

El presente trabajo elaborado por Rodríguez Velandia y Zuluaga Garzón, exponen un diseño óptimo para optimizar un proceso de compactación en una empresa que

tradicionalmente usaba otros métodos para procesar el papel y el cartón los autores de la tesis buscan desarrollar un método más eficiente, facilitando la actividad de la entidad mediante la elaboración de una compactadora la cual fue diseñada mediante los parámetros de entrada los cuales la proporción la empresa por dicho proceso.

Imagen 9 Diseño conceptual de compactadora.



(Rodríguez Velandia & Zuluaga Garzón, 2018)

Una vez definidos los caracteres para el diseño, se elaboran alternativas para seleccionar la más óptima, la cual satisfacera la necesidad de la empresa, la opción escogida segura la siguiente fase en el diseño detallado donde se presentará el funcionamiento del sistema y así suplir la necesidad presentada para los autores de este proyecto.

6. Metodología

Inicialmente se identifica las necesidades y las limitaciones existentes en la gestión de residuos sólidos mediante la información suministrada por la entidad, se complementará esta información mediante reuniones con los representantes de la alcaldía, y una breve investigación de los servicios de recolección de basura.

Una vez identificadas estas variables se llevará a cabo el diseño conceptual y detallado de una compactadora de residuos sólidos, la cual se adapte, a las necesidades específicas de la alcaldía local de Kennedy. Este diseño se basará en las mejores prácticas identificadas en la revisión bibliográfica y en la retroalimentación obtenida del análisis de necesidades.

Finalmente se realizará un estudio de costos para determinar la viabilidad financiera del proyecto. Esto incluirá la estimación de los costos de construcción de la compactadora, los costos de operación y mantenimiento, y los beneficios potenciales en términos de eficiencia y reducción de costos para la alcaldía local.

7. Evaluación preliminar

7.1 Caracterización de requerimientos para la maquina compactadora de residuos sólidos.

Las condiciones de trabajo de una máquina compactadora de residuos sólidos para la Alcaldía Local de Kennedy están sujetas a la influencia de factores específicos relacionados con el entorno y los protocolos operativos locales.

Esta entidad opera bajo normativas particulares que rigen el manejo de residuos sólidos, y, en consecuencia, se requiere que la máquina compactadora cumpla con los estándares de seguridad y gestión de residuos. Según los datos suministrados por la entidad en el 2022 se

generó mensualmente 100 kg aproximadamente en residuos sólidos aprovechables (Ver tabla 1).

Tabla 1. Línea base Residuos aprovechables 2022

FECHA	PAPEL (Kg)	CARTÓN (Kg)	VIDRIO (Kg)	PLÁSTICO (Kg)	METAL (Kg)	OTROS MATERIALES RECICLABLES (Kg)	TOTAL(Kg)
Enero	38	96	0	0	0	10	144
Febrero	20	93	0	6	0	12	131
Marzo	15	70	0	4	0	8	95
Abril	7	63	0	4	20	0	94
Mayo	15	70	0	6	0	0	97
Junio	5	23	0	3	0	0	31
Julio	3	8	0	4	0	0	15
Agosto	18	60	5	15	0	0	98
Septiembre	25	71	0	8	0	10	114
Octubre	15	90	0	13	0	5	130
Noviembre	7	71	0	19	0	0	97
Diciembre	10	92	0	13	0	0	115
TOTAL	178	807	5	95	20	45	1161

(Fuente: Alcaldía local de Kennedy)

Para llevar a cabo de manera efectiva esta labor, es esencial contar con un lugar adecuado para la gestión de residuos sólidos. De acuerdo con la información proporcionada por la alcaldía, se dispone de un cuarto de almacenamiento de residuos sólidos, donde se puede instalar la maquina compactadora.

Además de esto, se debe prestar especial atención al mantenimiento y la limpieza de la maquinaria. Esto garantiza que la máquina esté en condiciones óptimas de funcionamiento y cumpla con los estándares de higiene establecidos para el entorno, contribuyendo así al adecuado manejo de los residuos sólidos de la entidad.

7.2 Caracterización condiciones de trabajo de la maquina compactadora de residuos sólidos.

A partir de la información proporcionada por la alcaldía, se lleva a cabo un análisis para determinar el área de la placa de compactación y el volumen de la zona de compactación. Dado que la cantidad de residuos generados es variable, se ha establecido un tamaño estándar teniendo en cuenta la cantidad de residuos que generan, asegurándose de que sea suficiente tanto para volúmenes pequeños como grandes. Se ha definido un área estándar de la placa de compactación y el volumen de la zona de compactación con el objetivo de garantizar un desempeño óptimo y mantener costos razonables (ver tabla 2).

Tabla 2. Caracterización de datos.

Caracterización de datos		
l1	0,5	m
l1	0,5	m
h	1,20	m
V	0,3	m3
A	0,25	m2

(Fuente: Autores)

Teniendo dicha información, con base en los datos obtenidos de fuentes referenciales como (López Cascante & Bajaña Haro, 2016), se determinó que la fuerza máxima para un lote

de 10 kg de plástico es de 9672.81 lbf, mientras que para un lote de 10 kg de lata es de 5156.19 lbf. Estos valores se convirtieron al sistema internacional, expresándose así la fuerza en Newton. Este procedimiento se llevó a cabo con el propósito de calcular la presión de compactación requerida para cada material, utilizando la Ecuación 1.

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación 1. Presión.

P=Presión de compactación.

A=Área de placa de compactación.

F=Fuerza máxima.

Por otra parte, (Arboleda, Correa, & Otoya, 1986) proporciona el valor de presión de compactación para distintos tipos de papel en lotes que varían entre 200 kg y 5000 kg. Se seleccionó el valor más alto, que resultó ser 32318.70 kg/m². También se convirtió este valor al sistema internacional para garantizar la consistencia en las unidades. Todos los valores de presión de compactación se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3 Presión de compactación SI

Presión de compactación SI		
Papel	0,32	Mpa
Lata	0,172	Mpa
Plástico	0,092	Mpa

(Fuente: Autores)

Con las presiones de compactación determinadas para cada material, se procede a calcular el área, diámetro interno y carrera del cilindro, en este caso para las dos presiones más altas, para ello se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$F_{neta} = A * P$$

Ecuación 2. Fuerza neta.

F_{neta}=Fuerza neta.

P=Presión de compactación.

A=Área de placa de compactación.

$$A_{cilindro} = \frac{F_{neta}}{P_{sistema}}$$

Ecuación 3. Área del cilindro.

$A_{cilindro}$= Área del cilindro.

$P_{sistema}$ =Presión del sistema.

La presión del sistema se obtuvo del catálogo general de Circosa, el cual detalla la presión a la que debe operar el cilindro de doble efecto que se seleccione.

$$D = \sqrt{\frac{A_{cilindro}}{\pi}}$$

Ecuación 4. Diámetro del cilindro.

Obteniendo de esta manera los siguientes resultados, que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Datos calculados del cilindro.

Datos con presión de lata		
Área de palca	0,25	m2
Presión máxima	172223,21	Pa
Fuerza neta	43055,8026	N
Presión del sistema	20000000	Mpa
A Cilindro	0,00215279	m2
D cilindro	0,05235473	m
z	1	m

Datos con presión del papel		
Área de palca	0,25	m2
Presión máxima	317046,447	Pa
Fuerza neta	79261,6118	N
Presión del sistema	20000000	Mpa
A Cilindro	0,00396308	m2
D cilindro	0,07103486	m
z	1	m

(Fuente: Autores)

Si bien la presión más alta corresponde a la del papel, esta se derivó de lotes que oscilan entre 200 kg y 5000 kg. Sin embargo, al considerar la cantidad de residuos sólidos generados por la alcaldía, se optó por seleccionar la presión correspondiente a la lata, ya que se ajusta más a la escala de producción de residuos. Además, tras analizar los cálculos, se notó que el diámetro del cilindro se aproxima a uno estandarizado de 2 pulgadas, lo cual resulta más asequible y se adapta mejor a la cantidad de residuos generados por la entidad.

Una vez seleccionado el cilindro apropiado, se procede a elegir la electrobomba. Para esta elección, es necesario obtener más información del catálogo de Circosa, como la velocidad de funcionamiento del cilindro, el tiempo de descenso y el volumen del cilindro, esto con el fin de calcular el caudal requerido para la electrobomba.

El caudal requerido de la bomba se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{req} = \frac{t_{descenso}}{V_{cilindro}}$$

$t_{descenso}$= Tiempo de descenso

$V_{cilindro}$= Volumen cilindro

Q_{req}= Caudal requerido bomba

Tabla 5. Calculo caudal de electrobomba.

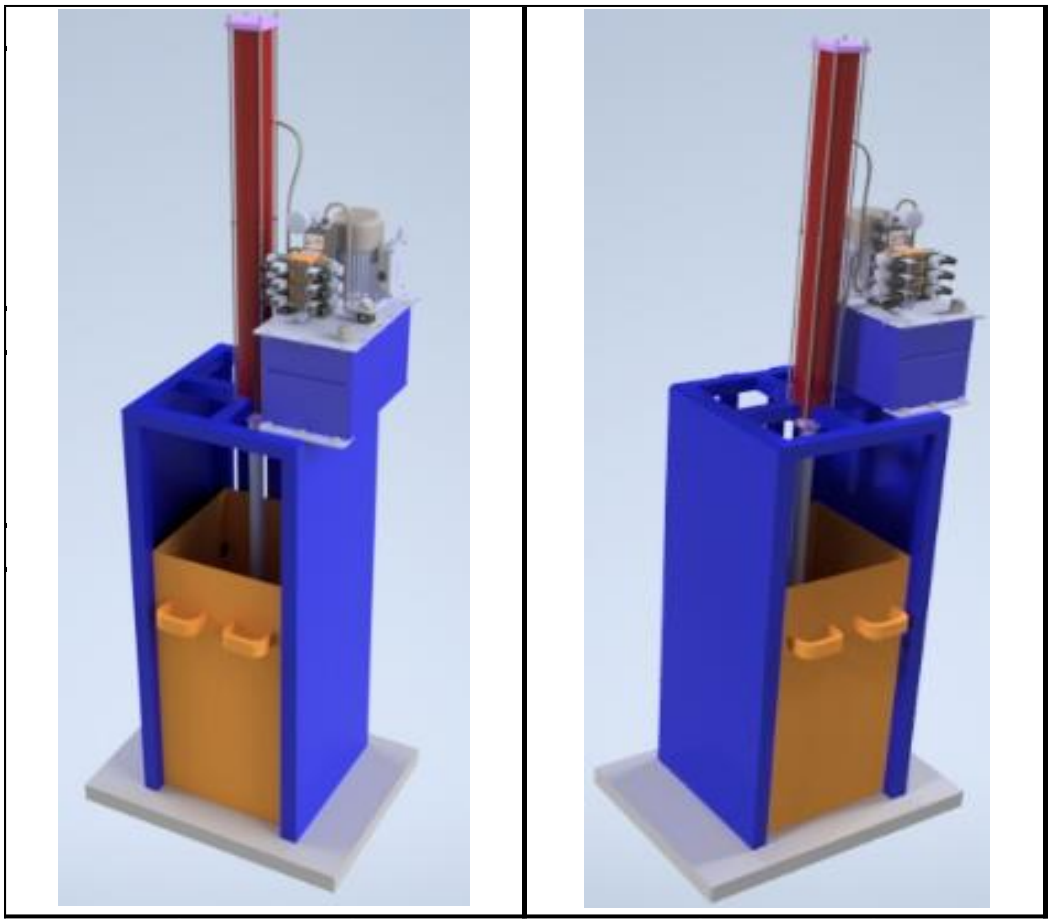
Calculo caudal						
V fmto cilindro	0,5	m/s				
t de descenso	15	s				
Volumen cilindro	1,96	l	0,00196	m3		
Q requerido bomba	0,00013	m3/s	0,4704	m3/h	470,4	l/h

(Fuente: Autores)

Con esta información, se consultó el catálogo general de Hidráulica Alsina SA, y se procedió a seleccionar la electrobomba de engranajes monobloc de la serie W.

Por último, consultamos diferentes proveedores nacionales que brindaran los componentes necesarios para la construcción de la maquina compactadora, además, se realizan diseños preliminares de la maquina compactadora (ver imagen 10).

Imagen 10 Diseño preliminar de la maquina compactadora.

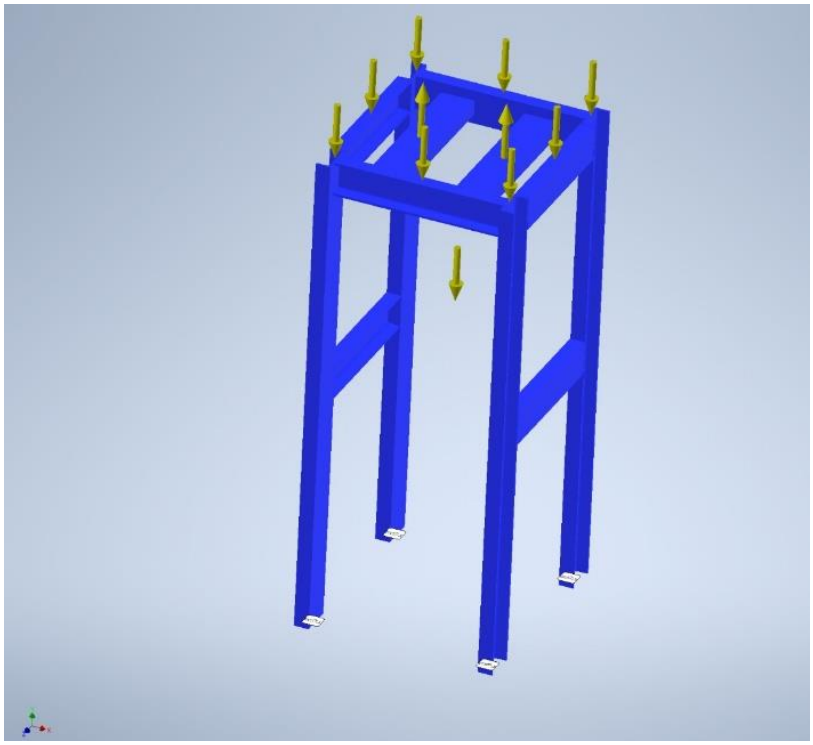


(Fuente: Autores)

8. Análisis de esfuerzos mediante una herramienta computacional

Para llevar a cabo el análisis del proyecto, se determinan parámetros cruciales, como el peso de la unidad hidráulica, de igual modo el cilindro hidráulico y se toma en consideración la fuerza de empuje generada por dicho cilindro. El propósito de esta evaluación es establecer las cargas que impactarán en la integridad de la estructura principal de la compactadora.

Imagen 11 Definición de cargas en la estructura



(Fuente: Autores)

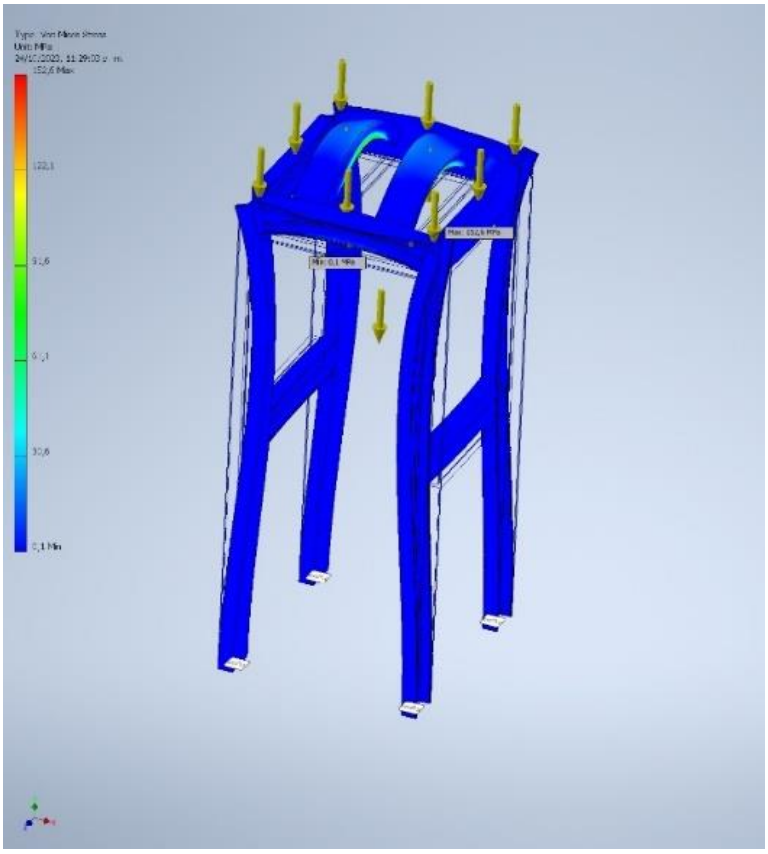
Los resultados deseados se centran en 3 análisis clave, los cuales están definidos como el esfuerzo de Von Mises, los desplazamientos máximos y el factor de seguridad del chasis en la compactadora. Estos aspectos son fundamentales para obtener una representación precisa y realista, lo que permitirá evaluar la viabilidad del diseño y así elaborar una cotización con más seguridad para cumplir con los requisitos de la alcaldía de Kennedy.

Esfuerzo de Von Mises

Al evaluar los esfuerzos normales y cortantes calculados en el software, se identifica el esfuerzo máximo de Von Mises, el cual es 152.6 MPa. Este valor es esencial, ya que define el

límite de resistencia, permitiendo determinar si la estructura es viable o corre el riesgo de experimentar deformación plástica o, incluso, un fallo potencial. Este valor es de importancia para garantizar la integridad de la estructura al momento de realizar el ensamble de los componentes que conforman la máquina de compactación de igual modo va en función de las condiciones y cargas a las que estará expuesta.

Imagen 12 Análisis de deformación Von Mises

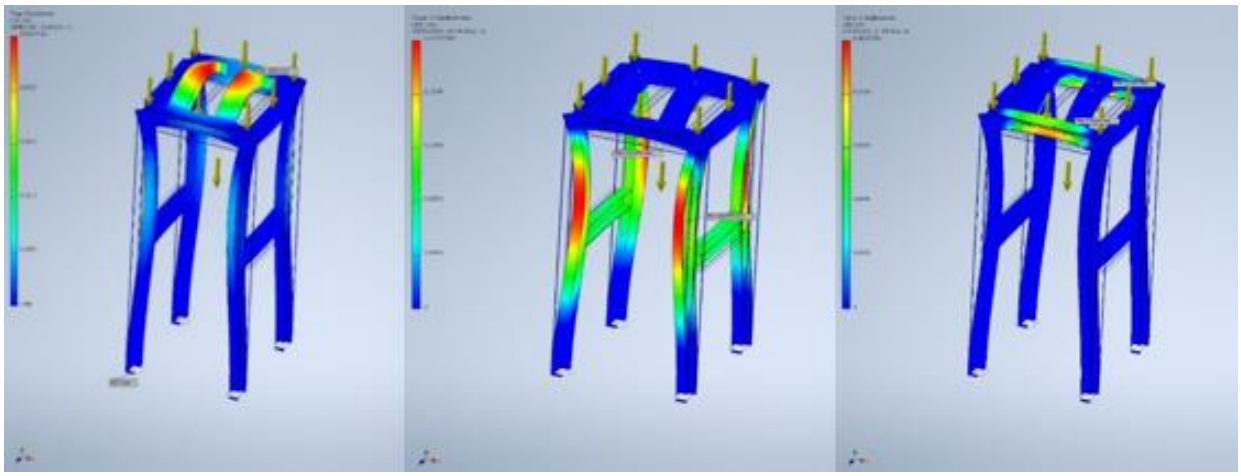


(Fuente: Autores)

Desplazamientos

Los datos suministrados por la herramienta informática en los ejes X, Y y Z revelan que el desplazamiento máximo registrado es de 0.6531 mm en el eje Y. El desplazamiento de menor magnitud se observa en el eje Z, con un valor de 0.1613 mm. Por último, en el eje X se obtiene un desplazamiento de 0.2179 mm.

Imagen 13 Desplazamiento de deformación en los ejes X Y y Z



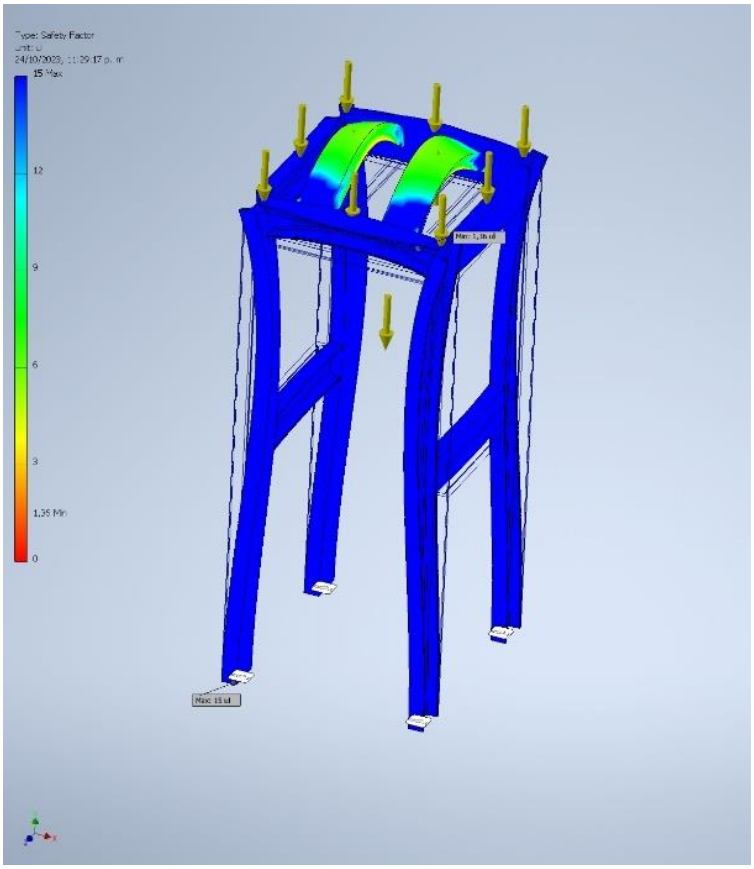
(Fuente: Autores)

Los desplazamientos obtenidos indican una deformación mínima en la estructura, lo que sugiere que las cargas no ejercen un esfuerzo significativo en la máquina. Esto confirma que la estructura es la elección adecuada para la instalación correcta de la unidad hidráulica en la parte superior, y demuestra su capacidad para resistir la fuerza generada por el cilindro hidráulico durante la compactación de los residuos. Estos resultados respaldan el cumplimiento de los requisitos establecidos por la alcaldía local de Kennedy.

Factor de seguridad

Se determina un valor de factor de seguridad de 15, se determina que la estructura presenta un dimensionamiento de gran magnitud dicho factor es adecuado. Esto se debe a que las cargas ejercidas por el cilindro de compactación son de baja reacción en la estructura, al igual que el peso de los elementos en la parte superior de la máquina como la unidad hidráulica. De tal modo, se obtiene un factor de seguridad significativamente elevado.

Imagen 14 Determinación de factor de seguridad



(Fuente: Autores)

9. Costos

Tabla 6. Costos de la maquina compactadora

COSTOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	Proveedor
Perfil en U de 4" cal 3/16"	8	x6 metros	270.000	2.160.000	HIDRÁULICOS BELTRAN/ FERROCORTES
Cortes de perfil	38	UND	2.000	76.000	HIDRÁULICOS BELTRAN/CERCOL
Soldadura de estructura	20	UND	6.000	120.000	HIDRÁULICOS BELTRAN/CERCOL
Lamina de un 1/8"	2	UND	405.000	810.000	HIDRÁULICOS BELTRAN/CERCOL
Lamina de 1/2" 50x50 cm	1	UND	550.000	550.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Cortes lamina	15	UND	2.800	42.000	HIDRÁULICOS BELTRAN/CERCOL
Placas para presión de cilindro	1	UND	200.000	200.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Motor eléctrico 5HP 1740RPM 110/220V	1	UND	1.100.000	1.100.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Bomba de piñones	1	UND	700.000	700.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Tanque de hierro almacenamiento de aceite	1	UND	300.000	300.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Mando hidráulico y palanca	1	UND	350.000	350.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Manguera	10	Metros	35.000	350.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Cilindro hidraulico	1	UND	2.472.000	2.472.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Garrafa de aceite	2	UND	300.000	600.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Pintura	1	UND	600.000	600.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Puerta	1	UND	500.000	500.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Bisagra para puerta	2	UND	50.000	100.000	HIDRÁULICOS BELTRAN
Tecnicos Requeridos para la construcción por un mes	2	UND	1.300.606	2.601.212	
TOTAL				13.631.212	

Se aplicará un incremento del 10% en caso de que haya variaciones en los precios por parte de los proveedores. Esta medida nos permite adaptarnos a posibles cambios en los costos y garantizar la precisión de nuestra oferta.	14.994.333
Valor más IVA y sin retenciones	17.843.257

Nota: Las retenciones serán responsabilidad del cliente en caso de ser necesarias.

(Fuente: Autores)

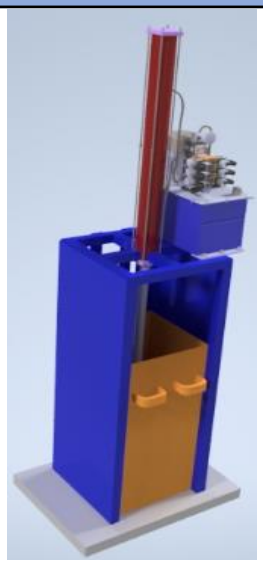
Es importante tener en cuenta que este precio puede variar debido a impuestos adicionales que la universidad debe pagar.

10. Ficha técnica.

Tabla 7. Ficha técnica maquina compactadora

COMPACTADORA VERTICAL		
ESPECIFICACIONES DE LA COMPACTADORA		
ALTURA	2,8	m
ANCHO	0,7	m
PROFUNDIDAD	0,7	m
POTENCIA ELECTRICA	110/220	V
MOTOR	3,7	kW
FUERZA DE EMPUJE MAX.	3	Tn
DIMENSIONES DE LA BALA		
ALTURA	0,9	m
ANCHURA	0,5	m
PROFUNDIDAD	0,5	m
PESO	100/50	kg
CARACTERISTICAS		
Esta compactadora destaca por su facilidad y seguridad tanto en la instalación como en la operación y el mantenimiento. Se adapta perfectamente a las necesidades de trabajo específicas, ofreciendo dimensiones y capacidades ajustadas a cada requerimiento. El sistema de expulsión de la paca es por cadena. Materiales a compactar: Papel, cartón, archivo, plástico, PET, aluminio.		





(Fuente: Autores)

11. Impacto y resultados esperados

El objetivo principal es proporcionar una solución a la necesidad presentada por la alcaldía mediante un diseño óptimo que cumpla con los requisitos y estándares necesarios para aprovechar adecuadamente los residuos sólidos. Debido al desperdicio generado por estos desechos y la gran cantidad de espacio que ocupan, los costos aumentan y se redice el espacio aprovechable. Para reducir estos problemas, se realiza un diseño detallado de la máquina de compactación con el fin de satisfacer dicha necesidad.

El trabajo de grado no solo tiene como objetivo resolver una problemática específica, sino también fortalecer el conocimiento investigativo y tecnológico en la universidad distrital.

Esto permitirá promover el desarrollo de soluciones para abordar problemáticas presentadas en distintas situaciones.

Al presentar una solución a una problemática planteada por la alcaldía, se busca enriquecer el área de la ingeniería mecánica mediante la ejecución de un proyecto de grado, lo que permitirá ampliar las capacidades intelectuales de los estudiantes y ofrecer información valiosa en la tesis. Además, esto beneficiará a futuras generaciones de ingenieros para próximos trabajos y permitirá el surgimiento de nuevos diseños innovadores y óptimos.

12. Conclusiones

1. Mediante la investigación, diseño preciso y selección de componentes, se logró desarrollar un prototipo de compactadora de residuos sólidos que satisface eficientemente las necesidades de la entidad en términos de capacidad de procesamiento y resistencia mecánica. Este logro destaca la viabilidad de maximizar el volumen de generación de residuos sólidos de manera efectiva.
2. La implementación de la compactadora de residuos sólidos no solo ha demostrado ser una solución rentable para la entidad, sino que también ha fomentado y promovido prácticas mejoradas de manejo de residuos sólidos.
3. La elaboración de planos de fabricación detallados y un manual completo de instalación y mantenimiento ha resultado crucial para garantizar la durabilidad a largo plazo del proyecto.
4. El análisis de esfuerzos ha permitido interpretar los datos de desplazamiento y deformaciones generadas por las cargas, lo que ha resultado en un desplazamiento de baja magnitud en la estructura. Esto refuerza la confiabilidad y robustez del diseño de la

compactadora. Además, el factor de seguridad tan amplio permite que el desplazamiento sea mínimo, lo que garantiza que el cilindro hidráulico permanezca lo más lineal posible durante la operación de compactación del material, evitando futuras repercusiones en el cilindro debido a desplazamientos en la estructura por el material compactado.

13 Referencias bibliográficas

Arboleda, D., Correa, M., & Otoya, F. (1986). *Diseño y construcción de una maquina compactadora de papel y cartón.* . Cali.

Cicrosa. (s.f.). *Catalogo de cicrosa*. Obtenido de https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/944/catalogo-general-cicrosa.pdf

López Cascante, C. E., & Bajaña Haro, J. A. (2016). *Diseño y construcción de un compactador de latas y envases de PET.* . Ecuador.

Blog Departamento de derecho del medio ambiente Universidad Externado de Colombia. (21 de Febrero de 2020). Obtenido de Blog Departamento de derecho del medio ambiente Universidad Externado de Colombia: https://medioambiente.uexternado.edu.co/resolucion2184-de-2019-por-la-cual-se-modifica-la-resolucion-668-de-2016-sobre-el-uso-racional-debolsas-plasticas-y-se-adoptan-otras-disposiciones/

Caldas, U. D. (2002). Modalidades de trabajo de grado Proyectos curriculares de pregrado Consejo de Facultad, Acuardo 02. Bogotá, Colombia.

Cardona Rojas , S. N., & Pérez Beltrán, M. P. (2021). Diseño de una maquina compactadora de botellas de pereftalato de polietileno (PET), destinada a servir como herramienta de apoyo a recuperadores. Bogotá: Universidad Distrital .

Escobar Giraldo, J. D., Sepulveda Ocampo , J. I., Velasquez Giraldo, J. A., Morales Morales, C. D., & Vanegas Molina, N. A. (2015). Diseño y fabricacion de un compactador de residuos solidos para la universidad nacional de colombia sede medellin. Encuentro internacional de educación de ingeniería.

IDM, I. (s.f.). Ingenieria IDM Pirineo. Obtenido de Ingenieria IDM Pirineo: https://www.idmpirineo.es/nuestros-equipos/tornillo-compactador-sinfin/

Industrial, C. (s.f.). Condustrial. Obtenido de Condustrial: https://www.condustrial.com.co/52-equipos-construccion-placas-compactadoras-condustrial

LCC. (s.f.). LCC Lean Compacting Company. Obtenido de LCC Lean Compacting Company: https://lcc.eco/lcc-tu-empresa-de-compactacion-de-residuos/ Maquistore. (s.f.).

Maquistore SAS. Obtenido de Maquistore SAS: https://maquistoresas.com/product/rodillo-compactador-doble-benitin-jalabobos/

Rodriguez Velandia , C. E., & Zuluaga Garzón , J. K. (2018). Diseño de un sistema de compactación de papel y cartón para la empresa MAG anillados y acabados impresos SAS. Bogotá: Fundación universitaria America.